42 | 瞧一瞧Linux：如何实现系统API？

2021-08-13 LMOS

《操作系统实战45讲》 课程介绍 >

讲述：陈晨

时长 13:34 大小 12.43M

你好，我是 LMOS。

上节课，我们通过实现一个获取时间的系统服务，学习了 Cosmos 里如何建立一个系统服务接口。Cosmos 为应用程序提供服务的过程大致是这样的：应用程序先设置服务参数，然后通过 int 指令进入内核，由 Cosmos 内核运行相应的服务函数，最后为应用程序提供所需服务。

不知道你是否好奇过业内成熟的 Linux 内核，又是怎样为应用程序提供服务的呢？

这节课我们就来看看 Linux 内核是如何实现这一过程的，我们首先了解一下 Linux 内核有多少 API 接口，然后了解一下 Linux 内核 API 接口的架构，最后，我们动手为 Linux 内核增加一个全新的 API，并实现相应的功能。

下面让我们开始吧！这节课的配套代码你可以从这里下载。

Linux 内核 API 接口的架构

在上节课中，我们已经熟悉了我们自己的 Cosmos 内核服务接口的架构，由应用程序调用库函数，再由库函数调用 API 入口函数，进入内核函数执行系统服务。

其实对于 Linux 内核也是一样，应用程序会调用库函数，在库函数中调用 API 入口函数，触发中断进入 Linux 内核执行系统调用，完成相应的功能服务。

在 Linux 内核之上，使用最广泛的 C 库是 glibc，其中包括 C 标准库的实现，也包括所有和系统 API 对应的库接口函数。几乎所有 C 程序都要调用 glibc 的库函数，所以 **glibc 是 Linux 内核上 C 程序运行的基础。**

下面我们以 open 库函数为例分析一下，看看 open 是如何进入 Linux 内核调用相关的系统调用的。glibc 虽然开源了，但是并没有在 Linux 内核代码之中，你需要从这里下载并解压，open 函数代码如下所示。

复制代码

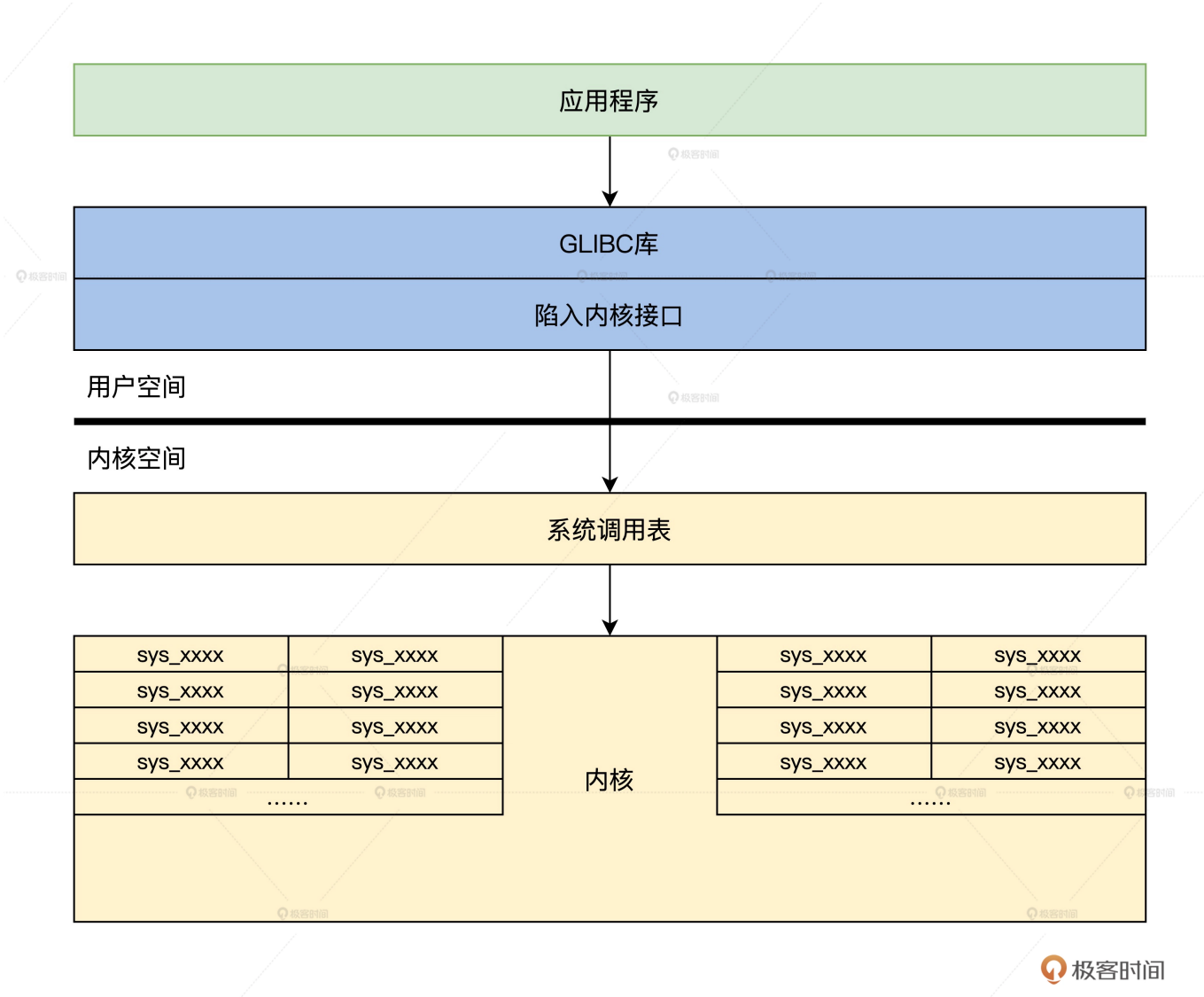
```
//glibc/intl/loadmsgcat.c
#ifdef _LIBC
# define open(name, flags)  __open_nocancel (name, flags)
# define close(fd)      __close_nocancel_nostatus (fd)
#endif
//glibc/sysdeps/unix/sysv/linux/open_nocancel.c
int __open_nocancel (const char *file, int oflag, ...)
{
  int mode = 0;
  if (__OPEN_NEEDS_MODE (oflag))
    {
      va_list arg;
      va_start (arg, oflag);//解决可变参数
      mode = va_arg (arg, int);
      va_end (arg);
    }
  return INLINE_SYSCALL_CALL (openat, AT_FDCWD, file, oflag, mode);
}
//glibc/sysdeps/unix/sysdep.h
//这是为了解决不同参数数量的问题
#define __INLINE_SYSCALL0(name) \
  INLINE_SYSCALL (name, 0)
#define __INLINE_SYSCALL1(name, a1) \
  INLINE_SYSCALL (name, 1, a1)
```

```
#define __INLINE_SYSCALL2(name, a1, a2) \
  INLINE_SYSCALL (name, 2, a1, a2)
#define __INLINE_SYSCALL3(name, a1, a2, a3) \
  INLINE_SYSCALL (name, 3, a1, a2, a3)
#define __INLINE_SYSCALL_NARGS_X(a,b,c,d,e,f,g,h,n,...) n
#define __INLINE_SYSCALL_NARGS(...) \
  __INLINE_SYSCALL_NARGS_X (__VA_ARGS__,7,6,5,4,3,2,1,0,)
#define __INLINE_SYSCALL_DISP(b,...) \
  __SYSCALL_CONCAT (b,__INLINE_SYSCALL_NARGS(__VA_ARGS__))(__VA_ARGS__)
#define INLINE_SYSCALL_CALL(...) \
  __INLINE_SYSCALL_DISP (__INLINE_SYSCALL, __VA_ARGS__)
//glibc/sysdeps/unix/sysv/linux/sysdep.h
//关键是这个宏
#define INLINE_SYSCALL(name, nr, args...)       \
  ({                  \
    long int sc_ret = INTERNAL_SYSCALL (name, nr, args);    \
    __glibc_unlikely (INTERNAL_SYSCALL_ERROR_P (sc_ret))    \
    ? SYSCALL_ERROR_LABEL (INTERNAL_SYSCALL_ERRNO (sc_ret))   \
    : sc_ret;               \
  })
#define INTERNAL_SYSCALL(name, nr, args...)       \
  internal_syscall##nr (SYS_ify (name), args)
#define INTERNAL_SYSCALL_NCS(number, nr, args...)     \
  internal_syscall##nr (number, args)
//这是需要6个参数的宏
#define internal_syscall6(number, arg1, arg2, arg3, arg4, arg5, arg6) \
({                  \
    unsigned long int resultvar;          \
    TYPEFY (arg6, __arg6) = ARGIFY (arg6);        \
    TYPEFY (arg5, __arg5) = ARGIFY (arg5);        \
    TYPEFY (arg4, __arg4) = ARGIFY (arg4);        \
    TYPEFY (arg3, __arg3) = ARGIFY (arg3);        \
    TYPEFY (arg2, __arg2) = ARGIFY (arg2);        \
    TYPEFY (arg1, __arg1) = ARGIFY (arg1);        \
    register TYPEFY (arg6, _a6) asm ("r9") = __arg6;      \
    register TYPEFY (arg5, _a5) asm ("r8") = __arg5;      \
    register TYPEFY (arg4, _a4) asm ("r10") = __arg4;     \
    register TYPEFY (arg3, _a3) asm ("rdx") = __arg3;     \
    register TYPEFY (arg2, _a2) asm ("rsi") = __arg2;     \
    register TYPEFY (arg1, _a1) asm ("rdi") = __arg1;     \
    asm volatile (              \
    "syscall\n\t"             \
    : "=a" (resultvar)              \
    : "0" (number), "r" (_a1), "r" (_a2), "r" (_a3), "r" (_a4),   \
      "r" (_a5), "r" (_a6)            \
    : "memory", REGISTERS_CLOBBERED_BY_SYSCALL);      \
    (long int) resultvar;           \
})
```

上述代码中，我们可以清楚地看到，open 只是宏，实际工作的是 __open_nocancel 函数，其中会用 INLINE_SYSCALL_CALL 宏经过一系列替换，最终根据参数的个数替换成相应的 internal_syscall##nr 宏。

比如有 6 个参数，就会替换成 internal_syscall6。其中 number 是系统调用号，参数通过寄存器传递的。但是这里我们没有发现 int 指令，这是因为这里用到的指令是最新处理器为其设计的系统调用指令 syscall。这个指令和 int 指令一样，都可以让 CPU 跳转到特定的地址上，只不过不经过中断门，系统调用返回时要用 sysexit 指令。

好了，我们已经了解了这个 open 函数的调用流程，如果用一幅图来展示 Linux 内核 API 的架构，就会呈现后面这个样子。



LinuxAPI框架

有了前面代码流程分析和结构示意图，我想你会对 Linux 内核 API 的框架结构加深了解。上图中的系统调用表和许多 sys_xxxx 函数你可能不太明白，别担心，我们后面就会讲到。

那么 Linux 系统有多少个 API 呢？我们一起去看看吧。

Linux 内核有多少 API 接口

Linux 作为比较成熟的操作系统，功能完善，它以众多 API 接口的方式向应用程序提供文件、网络、进程、时间等待服务，并且完美执行了国际 posix 标准。

Linux 从最初几十个 API 接口，现在已经发展到了几百个 API 接口，从这里你可以预见到 Linux 内核功能增加的速度与数量。那么现在的 Linux 内核究竟有多少个 API 接口呢？我们还是要来看看最新发布的 Linux 内核版本，才能准确知道。

具体我们需要对 Linux 代码进行编译，在编译的过程中，根据 syscall_32.tbl 和 syscall_64.tbl 生成自己的 syscalls_32.h 和 syscalls_64.h 文件。

生成方式在 arch/x86/entry/syscalls/Makefile 文件中。这里面会使用两个脚本，即 syscallhdr.sh、syscalltbl.sh，它们最终生成的 syscalls_32.h 和 syscalls_64.h 两个文件中就保存了**系统调用号和系统调用实现函数之间的对应关系**，在里面可以看到 Linux 内核的系统调用号，即 API 号，代码如下所示。

复制代码

```
//linux/arch/x86/include/generated/asm/syscalls_64.h
__SYSCALL_COMMON(0, sys_read)
__SYSCALL_COMMON(1, sys_write)
__SYSCALL_COMMON(2, sys_open)
__SYSCALL_COMMON(3, sys_close)
__SYSCALL_COMMON(4, sys_newstat)
__SYSCALL_COMMON(5, sys_newfstat)
__SYSCALL_COMMON(6, sys_newlstat)
__SYSCALL_COMMON(7, sys_poll)
__SYSCALL_COMMON(8, sys_lseek)
//……
__SYSCALL_COMMON(435, sys_clone3)
__SYSCALL_COMMON(436, sys_close_range)
__SYSCALL_COMMON(437, sys_openat2)
__SYSCALL_COMMON(438, sys_pidfd_getfd)
__SYSCALL_COMMON(439, sys_faccessat2)
__SYSCALL_COMMON(440, sys_process_madvise)
//linux/arch/x86/include/generated/uapi/asm/unistd_64.h
#define __NR_read 0
#define __NR_write 1
#define __NR_open 2
#define __NR_close 3
```

```
#define __NR_stat 4
#define __NR_fstat 5
#define __NR_lstat 6
#define __NR_poll 7
#define __NR_lseek 8
//……
#define __NR_clone3 435
#define __NR_close_range 436
#define __NR_openat2 437
#define __NR_pidfd_getfd 438
#define __NR_faccessat2 439
#define __NR_process_madvise 440
#ifdef __KERNEL__
#define __NR_syscall_max 440
#endif
```

上述代码中，已经定义了 __NR_syscall_max 为 440，这说明 Linux 内核一共有 441 个系统调用，而系统调用号从 0 开始到 440 结束，所以最后一个系统调用是 sys_process_madvise。

其实，__SYSCALL_COMMON 除了表示系统调用号和系统调用函数之间的关系，还会在 Linux 内核的系统调用表中进行相应的展开，究竟展开成什么样子呢？我们一起接着看一看 Linux 内核的系统调用表。

Linux 系统调用表

Linux 内核有 400 多个系统调用，它使用了一个函数指针数组，存放所有的系统调用函数的地址，通过数组下标就能索引到相应的系统调用。这个数组叫 sys_call_table，即 Linux 系统调用表。

sys_call_table 到底长什么样？我们来看一看代码才知道，同时也解答一下前面留下的疑问，这里还是要说明一下，__SYSCALL_COMMON 首先会替换成 __SYSCALL_64，因为我们编译的 Linux 内核是 x86_64 架构的，如下所示。

复制代码

```
#define __SYSCALL_COMMON(nr, sym) __SYSCALL_64(nr, sym)
//第一次定义__SYSCALL_64
#define __SYSCALL_64(nr, sym) extern asmlinkage long sym(unsigned long, unsign
#include <asm/syscalls_64.h>//第一次包含syscalls_64.h文件，其中的宏会被展开一次，例如
extern asmlinkage long sys_open(unsigned long, unsigned long, unsigned long, u
这表示申明
//取消__SYSCALL_64定义
```

```
#undef __SYSCALL_64
//第二次重新定义__SYSCALL_64
#define __SYSCALL_64(nr, sym) [ nr ] = sym,

extern asmlinkage long sys_ni_syscall(unsigned long, unsigned long, unsigned l
const sys_call_ptr_t sys_call_table[] ____cacheline_aligned = {
    [0 ... __NR_syscall_max] = &sys_ni_syscall,//默认系统调用函数，什么都不干
#include <asm/syscalls_64.h>//包含前面生成文件
//第二次包含syscalls_64.h文件，其中的宏会被再展开一次，例如__SYSCALL_COMMON(2, sys_op
[2] = sys_open, 用于初始化这个数组，即表示数组的第二个元素填入sys_open
};
int syscall_table_size = sizeof(sys_call_table);//系统调用表的大小
```

上述代码中，通过两次包含 syscalls_64.h 文件，并在其中分别定义不同的 __SYSCALL_64 宏，完成了系统调用函数的申明和系统调用表的初始化，不得不说这是一个非常巧妙的方式。

sys_call_table 数组，第一次全部初始化为默认系统调用函数 sys_ni_syscall，这个函数什么都不干，这是为了**防止数组有些元素中没有函数地址，从而导致调用失败。**这在内核中是非常危险的。我单独提示你这点，其实也是希望你留意这种编程技巧，这在内核编码中并不罕见，考虑到内核编程代码的安全性，加一道防线可以有备无患。

Linux 系统调用实现

前面我们已经了解了 Linux 系统调用的架构和 Linux 系统调用表，也清楚了 Linux 系统调用的个数和定义一个 Linux 系统调用的方式。

为了让你更好地理解 Linux 系统是如何工作的，我们为现有的 Linux 写一个系统调用。这个系统调用的功能并不复杂，就是返回你机器的 CPU 数量，即你的机器是多少核心的处理器。

为 Linux 增加一个系统调用，其实有很多步骤，不过也别慌，下面我将一步一步为你讲解。

下载 Linux 源码

想为 Linux 系统增加一个系统调用，首先你得有 Linux 内核源代码，如果你机器上没有 Linux 内核源代码，你就要去内核官网下载，或者你也可以到 GitHub 上 git clone 一份内核代码。

如果你使用了 git clone 的方式，可以用如下方式操作。

```
git clone git://git.kernel.org/pub/scm/linux/kernel/git/stable/linux-stable.gi
```

如果你想尽量保持与我的 Linux 内核版本相同，降低出现各种未知问题的概率，那么请你使用 **5.10.13 版本**的内核。另外别忘了，如果你下载的 Linux 内核是压缩包，请记得先解压到一个可以访问的目录下。

申明系统调用

根据前面的知识点，可以得知 Linux 内核的系统调用的申明文件和信息，具体实现是这样的：由一个 makefile 在编译 Linux 系统内核时调用了一个脚本，这个脚本文件会读取另一个叫 syscall_64.tbl 文件，根据其中信息生成相应的文件 syscall_64.h。

请注意，我这里是以 x86_64 架构为例进行说明的，这里我们并不关注 syscall_64.h 的生成原理，只关注 syscall_64.tbl 文件中的内容。下面我们还是结合代码看一下吧。

```
//linux-5.10.13/arch/x86/entry/syscalls/syscall_64.tbl
0  common  read      sys_read
1  common  write      sys_write
2  common  open      sys_open
3  common  close      sys_close
4  common  stat      sys_newstat
5  common  fstat      sys_newfstat
6  common  lstat      sys_newlstat
7  common  poll      sys_poll
8  common  lseek      sys_lseek
9  common  mmap      sys_mmap
10  common  mprotect    sys_mprotect
11  common  munmap      sys_munmap
12  common  brk          sys_brk
//……
435  common  clone3      sys_clone3
436  common  close_range    sys_close_range
437  common  openat2      sys_openat2
438  common  pidfd_getfd    sys_pidfd_getfd
439  common  faccessat2    sys_faccessat2
440  common  process_madvise    sys_process_madvise
```

上面这些代码可以分成四列，分别是系统调用号、架构、服务名，以及其相对应的服务入口函数。例如系统调用 open 的结构，如下表所示。

系统调用号	架构（32/64/common）	服务名	服务入口函数
2	common	open	sys_open

极客时间

那我们要如何申明自己的系统调用呢？第一步就需要在 syscall_64.tbl 文件中增加一项，如下所示。

复制代码

```
441  common  get_cpus    sys_get_cpus
```

我们自己的系统调用的系统调用号是 441，架构是 common ，服务名称是 get_cpus，服务入口函数则是 sys_get_cpus。请注意系统调用号要唯一，不能和其它系统调用号冲突。

写好这个，我们还需要把 sys_get_cpus 函数在 syscalls.h 文件中申明一下，供其它内核模块引用。具体代码如下所示。

复制代码

```
//linux-5.10.13/include/linux/syscalls.h
asmlinkage long sys_get_cpus(void);
```

这一步做好之后，我们就完成了一个 Linux 系统调用的所有申明工作。下面我们就去定义这个系统调用的服务入口函数。

定义系统调用

我们现在来定义自己的第一个 Linux 系统调用，为了降低工程复杂度，我们不打算新建一个 C 模块文件，而是直接在 Linux 内核代码目录下挑一个已经存在的 C 模块文件，并在其中定义我们自己的系统调用函数。

定义一个系统调用函数，需要使用专门的宏。根据参数不同选用不同的宏，这个宏的细节我们无须关注。对于我们这个无参数的系统调用函数，应该使用 SYSCALL_DEFINE0 宏来定义，代码如下所示。

复制代码

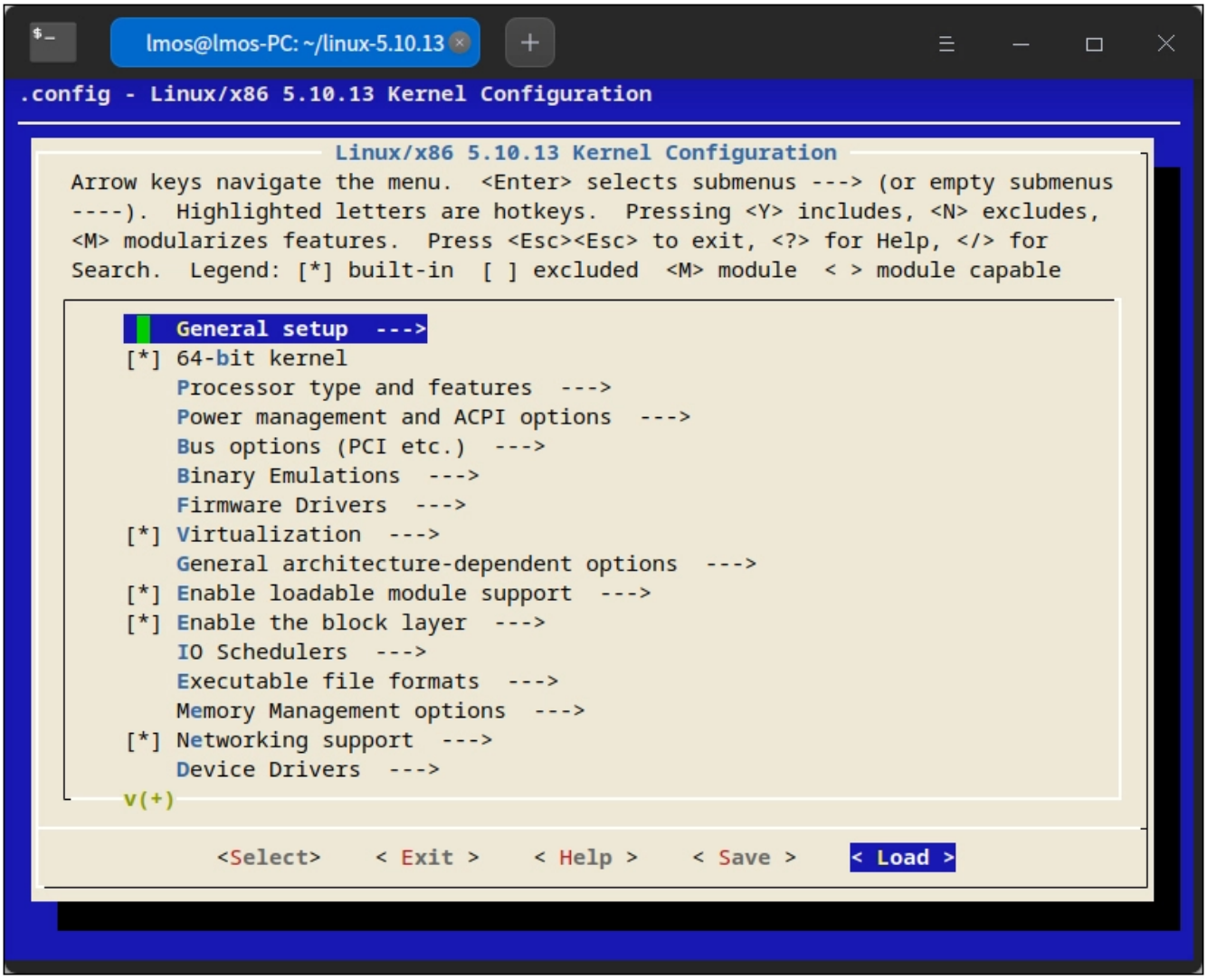
```
//linux-5.10.13/include/linux/syscalls.h
#ifndef SYSCALL_DEFINE0
#define SYSCALL_DEFINE0(sname)                  \
    SYSCALL_METADATA(_##sname, 0);              \
    asmlinkage long sys_##sname(void);          \
    ALLOW_ERROR_INJECTION(sys_##sname, ERRNO);      \
    asmlinkage long sys_##sname(void)
#endif /* SYSCALL_DEFINE0 */
//linux-5.10.13/kernel/sys.c
SYSCALL_DEFINE0(get_cpus)
{
    return num_present_cpus();//获取系统中有多少CPU
}
```

上述代码中 SYSCALL_DEFINE0 会将 get_cpus 转换成 sys_get_cpus 函数。这个函数中，调用了一个 Linux 内核中另一个函数 num_present_cpus，从名字就能推断出作用了，它负责返回系统 CPU 的数量。 这正是我们要达到的结果。这个结果最终会返回给调用这个系统调用的应用程序。

编译 Linux 内核

现在我们的 Linux 系统调用的代码，已经写好了，不过这跟编写内核模块还是不一样的。编写内核模块，我们只需要把内核模块动态加载到内核中，就可以直接使用了。系统调用发生在内核中，与内核是一体的，它无法独立成为可以加载的内核模块。所以我们需要重新编译内核，然后使用我们新编译的内核。

要编译内核首先是要配置内核，内核的配置操作非常简单，我们只需要源代码目录下执行“make menuconfig”指令，就会出现如下所示的界面。



配置Linux

图中这些菜单都可以进入子菜单或者手动选择。

但是手动选择配置项非常麻烦且危险，**如果不是资深的内核玩家，不建议手动配置！**但是我们可以选择加载一个已经存在的配置文件，这个配置文件可以加载你机器上 boot 目录下的 config 开头的文件，加载之后选择 Save，就能保存配置并退出以上界面。

然后输入如下指令，就可以喝点茶、听听音乐，等待机器自行完成编译，编译的时间取决于机器的性能，快则十几分钟，慢则几个小时。

复制代码

```
1 make -j8 bzImage && make -j8 modules
```

上述代码指令干了哪些事儿呢？我来说一说，首先要编译内核，然后再编译内核模块，j8 表示开启 8 线程并行编译，这个你可以根据自己的机器 CPU 核心数量进行调整。

编译过程结束之后就可以开始安装新内核了，你只需要在源代码目录下，执行如下指令。

```
sudo make modules_install && sudo make install
```

上述代码指令先安装好内核模块，然后再安装内核，最后会调用 update-grub，自动生成启动选项，重启计算机就可以选择启动我们自己修改的 Linux 内核了。

编写应用测试

相信经过上述过程，你应该已经成功启动了修改过的新内核。不过我们还不确定我们增加的系统调用是不是正常的，所以我们还要写个应用程序测试一下，其实就是去调用一下我们增加的系统调用，看看结果是不是预期的。

我们应用程序代码如下所示。

```
#include <stdio.h>
#include <unistd.h>
#include <sys/syscall.h>
int main(int argc, char const *argv[])
{
    //syscall就是根据系统调用号调用相应的系统调用
    long cpus = syscall(441);
    printf("cpu num is:%d\n", cpus);//输出结果
    return 0;
}
```

对上述代码我们使用 gcc main.c -o cpus 指令进行编译，运行之后就可以看到结果了，但是我们没有写库代码，而是直接使用 syscall 函数。这个函数可以根据系统调用号触发系统调用，根据上面定义，441 正是对应咱们的 sys_get_cpus 系统调用。

至此，在 Linux 系统上增加自己的系统调用这个实验，我们就完成了。

重点回顾

今天我们从了解 Linux 系统的 API 架构开始，最后在 Linux 系统上实现了一个自己的系统调用，虽然增加一个系统调用步骤不少，但你只要紧跟着我的思路一定可以拿下。

下面我来为你梳理一下课程的重点。

1. 从 Linux 系统的 API 架构开始，我们了解了 glibc 库，这个库是大部分应用程序的基础，我们以其中的 open 函数为例，分析了库函数如何通过寄存器传递参数，最后执行 syscall 指令进入 Linux 内核，执行系统调用，最后还归纳出一幅 Linux 系统 API 框架图。

2. 然后, 我们了解 Linux 系统中有多少个 API，它们都放在系统调用表中，同时也知道了 Linux 系统调用表的生成方式。

3. 最后，为了验证我们了解的知识是否正确，我们从申明系统调用、定义系统调用到编译内核、编写应用测试，在现有的 Linux 代码中增加了一个属于我们自己的系统调用。

好了，我们通过这节课搞清楚了 Linux 内核系统调用的实现原理。你是否感觉这和我们的 Cosmos 的系统服务有些相似，又有些不同？

相似的是我们都使用寄存器来传递参数，不同的是 Cosmos 使用了中断门进入内核，而 Linux 内核使用了更新的 syscall 指令。有了这些知识储备，我也非常期待你能动手拓展，挑战一下在 Cosmos 上实现使用 syscall 触发系统调用。

思考题

请说说 syscall 指令和 int 指令的区别，是什么？

欢迎你在留言区跟我交流互动，也推荐你把这节课分享给有需要的朋友，一起实现操作系统里的各种功能。

我是 LMOS，我们下节课见。

分享给需要的人，Ta订阅后你可得 20 元现金奖励

赞 2 提建议

© 版权归极客邦科技所有，未经许可不得传播售卖。 页面已增加防盗追踪，如有侵权极客邦将依法追究其法律责任。

上一篇 41 | 服务接口：如何搭建沟通桥梁？

下一篇 43 | 虚拟机内核：KVM是什么？

更多课程推荐

精选留言 (11)

写留言

neohope 置顶

2021-08-17

三、Demo部分
1、新建一个源码编译目录
mkdir kernelbuild

2、下载源码，解压...

展开

作者回复: 66666大佬 大佬

1

neohope
2021-08-17

二、linux内核部分【下】
2、当产生系统调用时
2.1、应用直接syscall或通过glibc产生了syscall

2.2、cpu会产生类似于中断的效果，开始到entry_SYSCALL_64执行...
展开

作者回复: 是的

1

neohope
2021-08-17

二、linux内核部分【上】
1、在make时，会通过syscall_64.tbl生成syscalls_64.h，然后包含到syscall_64.c，进行调用号与函数之间的绑定。
arch/x86/entry/syscalls/syscall_64.tbl
arch/x86/include/generated/asm/syscalls_64.h...
展开

作者回复: 是的 完全正确

1

neohope
2021-08-17

一、glibc部分【下】
4.7、展开INLINE_SYSCALL
//glibc/sysdeps/unix/sysv/linux/sysdep.h
#define INLINE_SYSCALL(name, nr, args...) \
({ \...
展开

1

Zhendicai
2021-08-13

int指令和syscall指令都会发生特权级切换吧，但是syscall能直接调定位到具体系统调用函数，int则需要经过中断门描述符表和分发器才行。int的步骤要多一些，那就是取指令次数要多一些？还有个问题使用int来执行系统调用是不是也会遇到中断优先级的问题？

展开

作者回复: 是的正确

1

凉人。
2021-08-13

搬了下答案
1.syscall
syscall是x64的系统调用。其调用号通过rax进行传递。查看具体的调用号，linux环境下在unistd.h中定义。如果是64位，则可以查看/usr/include/asm/unistd_64.h，如果是32位，则查看/usr/include/unistd_32.h。...

展开

作者回复: 是的 正确

1

neohope
2021-08-17

一、glibc部分【上】
1、应用程序调用open函数
//glibc/intl/loadmsgcat.c
define open(name, flags) __open_nocancel (name, flags)
...

展开

作者回复: 对的 就是这样

cugphoenix
2021-08-14

看了Linux 系统调用表的生成方式，又刷新了对宏定义的认知，灵活性极强，用起来可太花哨了

作者回复: 是的

罗乾林

2021-08-13

因为这里用到的指令是最新处理器为其设计的系统调用指令 syscall。这个指令和 int 指令一样，都可以让 CPU 跳转到特定的地址上，只不过不经过中断门，系统调用返回时要用 sysexit 指令

作者回复: 对的

pedro

2021-08-13

实验太顶了，有时间一定搞一下，今天问题属于知识盲区，贴上链接：https://blog.csdn.net/sdulibh/article/details/50890250

不学习就变废物

展开

作者回复: 哈哈 这有点费时 没什么 难度

苏流郁宓

2021-08-13

syscall应该是系统与应用软件的接口？类似win系统的消息模块？int是操作系统与硬件的接口？如新插入usb鼠标？

展开

作者回复: 不是